Edad y crecimiento de *Chondrostoma toxostoma* Vallot, 1837 en el curso inferior del río Ebro (Tarragona - España)

Adolfo de Sostoa y Francisco J. de Sostoa

Departamento de Zoología (Vertebrados). Facultad de Biología.
Universidad de Barcelona. Barcelona-28.

SUMMARY

AGE AND GROWTH OF *Chondrostoma toxostoma* VALLOT, 1837 IN THE LOWER COURSE OF THE EBRO RIVER. (TARRAGONA, NE SPAIN).

They have been studied 184 exemplares of *Chondrostoma toxostoma*, captured by several methods in the last 50 km of the lower stretch of Ebro river (Tarragona, NE Spain) during 1980 and 1981. So as to determine the age, the fish scales were utilized. The growth models utilized were those of VON BERTALANFFY (1938); the asymptote calculation was made by the graphic method (FORD 1933; WALFORD 1946); and the growth rate and " t_0 " were determined from values of age and length (DICKIE 1978). Equations of ponderal and lineal growth are given, as well as the length-weight relations, for both sexes.

INTRODUCCION

En el transcurso de los últimos años se han publicado numerosos trabajos sobre biología de Cyprinidae europeos y más concretamente sobre el género *Chondrostoma*, en Europa septentrional se han publicado diversos trabajos como los de PRAWOCHENSKI (1963), HOCHMAN & JIRASEK (1969), KLIMCZYK-JANIKOWSKA (1973), VELEDAR & KOSORIC (1974), LOSOS *et al.* (1980). En Europa meridional el número de publicaciones es muy escaso (LUDINI & NARDI, 1979; LOBON-CERVIA & ELVIRA, en prensa). De aquí la motivación que nos indujo a estudiar la población de *Chondros-*

toma toxostoma que habita en el tramo final del río Ebro y en los canales principales de riego (canal de la derecha y canal de la izquierda) paralelos a ambos lados del cauce. El área de colonización de esta especie en el río está limitada por la salinización de las aguas en los últimos kilómetros la cual aumenta durante los meses de máximo estiaje.

MATERIAL Y METODOS

Durante los años 1980-1981, se han capturado en el tramo final del río Ebro un total de 184 ejemplares de *Chondrostoma toxostoma* de los cuales 120 eran hembras y

64 machos. La captura se ha realizado mediante diversos artes de pesca tradicional (salabres de mano, trasmallos, etc.), así como utilizando la pesca eléctrica, con corriente continua rectificada de 100 a 250 V y alimentada por un generador eléctrico de 1 kW.

A los ejemplares, tras su captura, se les medía la longitud standard (Lst) en milímetros y el peso del individuo sin eviscerar, éste con una precisión de 0,01 gr. El sexo de los individuos fue determinado por disección de manera directa cuando se hallan en actividad sexual y mediante técnicas histológicas en la época de reposo sexual. Asimismo, se procedió a la extracción de los huesos operculares y de las escamas.

CALCULO DE LA EDAD

Para la determinación de la edad de los individuos se ha utilizado la lectura de escamas, las cuales se extraían del flanco izquierdo en la zona mediosuperior por encima de la línea lateral y delante de la aleta dorsal. Posteriormente se procedía a limpiarlas en una solución de KOH del 2 al 5% durante 12 horas. Cuatro escamas de cada ejemplar se disponían entre porta y cubreobjetos, y se leían directamente con la ayuda de un proyector de microfilms, provisto de lentes de 10 y 30 aumentos.

Las clases de edad se definen según el número de anillos verdaderos ("annuli") encontrados en las escamas. La aparición de los anillos en las escamas tiene lugar en los meses de mayo y junio. Los individuos que no presentan ningún anillo pertenecen a la clase de edad "0", es decir no han cumplido el primer período invernal. Pertenecen a la clase "1" los que presentan un anillo, equivalente como mínimo a un año de vida; cabe señalar que en el caso de especies de reproducción estival, como la que se contempla, el primer anillo verdadero se forma aproximadamente a los 16 meses de vida. Las demás clases de edad corresponden a la aparición sucesiva de anillos.

ECUACIONES DE CRECIMIENTO

En el presente trabajo se han utilizado los modelos de crecimiento de VON BERTALANFFY (1938), cuyas ecuaciones para el crecimiento son:

$$L_t = L_{\infty} [1 - e^{-k(t-t_0)}]$$

(crecimiento lineal)

$$W_t = W_{\infty} [1 - e^{-k(t-t_0)}]^n$$

(crecimiento ponderal)

El cálculo de la asíntota del crecimiento lineal (L_{∞}) se realiza mediante el método gráfico de FORD-WALFORD (1946), por regresión lineal entre las longitudes medias de cada edad (L_t), con las longitudes medias de la edad siguiente (L_{t+1}), obteniéndose la ecuación de la recta $L_{t+1} = a + b \cdot L_t$. La intersección de esta recta con la recta $L_t = L_{t-1}$, sería el punto en el que no habría crecimiento; dicho punto debe satisfacer las dos ecuaciones, es la asíntota, y se obtiene de la fórmula:

$$L_{\infty} = \frac{a}{1 - b}$$

Para el cálculo de la tasa de crecimiento (k) y la edad teórica en que la longitud es cero (t_0), se han utilizado todas las longitudes observadas y sus correspondientes edades, mediante una transformación logarítmica de la ecuación de VON BERTALANFFY (DICKIE, 1978) y por regresión lineal con el método de los mínimos cuadrados. Otros autores obtienen la tasa de crecimiento directamente de la recta de FORD-WALFORD, ya que la pendiente de dicha recta es $b = e^{-k}$, pero parece más conveniente deducirla de todos los valores reales y no a partir de las longitudes medias de cada edad.

La asíntota del peso (W_{∞}) se calcula a partir de la relación longitud standard-peso, siendo n el exponente de dicha relación.

Para dar una estima del ajuste de las ecuaciones de crecimiento con los valores medios

reales, utilizaremos la "desviación standard de los logaritmos", ($S_{\log}$; KRUGER, 1973), que se obtiene de:

$$S_{\log} = \pm \frac{(\log y - \log \bar{y})^2}{n - 3}$$

de donde y = valor medido, $\bar{y}$ = valor calculado, y n = número de pares. Para poder compararla el mismo autor sugiere usar la forma porcentual "S₀/o", obtenida de la fórmula:

$$S_{0/o} = (100 \cdot 10^{S_{\log}}) - 100$$

La relación longitud standard-peso viene definida por la ecuación:

$$W = a \cdot Lst^b$$

siendo W el peso en gramos y Lst la longitud standard en milímetros. La determinación de las constantes a y b se realiza por una regresión lineal, según el método de los mínimos cuadrados, entre los logaritmos de las longitudes standard y los pesos:

$$W = a + b \cdot \ln Lst.$$

RETROCALCULO

Para retrocalcular las longitudes de las edades pretéritas se selecciona una escama, entre las montadas, y se procede a medir la longitud de los diferentes anillos, sobre el radio posterior (HOFSTEDE, 1970), a partir del centro de dicha escama. La longitud de dichos radios se mide por proyección sobre una escala transparente y graduada en milímetros de las escamas en una lectora de microfílm, con un aumento de 10x.

El retrocálculo se basa en la relación existente entre la longitud de la escama y la longitud del pez. Dicha relación no es directa, en la mayoría de los casos, y por ello se utiliza la ecuación de FRASER-LEE (1920):

$$L_t = a + \frac{R_t}{R_n} \cdot (L_n - a)$$

siendo L_t la longitud a la edad t que queremos obtener, R_t el radio a la edad t , R_n el radio total de la escama, L_n la longitud del ejemplar que corresponde a R_n y a un factor de corrección, que se obtiene por una regresión lineal sobre la longitud de la escama como variable independiente y la longitud del ejemplar como variable dependiente:

$$L_n = c + d \cdot R_n$$

siendo c la ordenada en el origen.

RESULTADOS

EDAD

Las edades máximas encontradas son la clase VII para las hembras, y la clase V para los machos. La especie estudiada, por su carácter estenohalino-limnético (DEMESTRE *et al.* 1977), está en el límite de sus posibilidades de colonización en este área; por lo que resulta muy probable que ciertas clases de edad no aparezcan o estén subrepresentadas.

CRECIMIENTO LINEAL

Los valores calculados para el crecimiento lineal representan en realidad las longitudes medias de cada clase de edad, es decir, la talla más probable que alcanzarían los individuos al aumentar el tamaño de la muestra.

En la figura 1 podemos ver las representaciones gráficas de los modelos gráficos de FORD-WALFORD (1946) utilizados en el cálculo de las asíntotas de las longitudes, cuyas ecuaciones son (fig. 1):

$$L_{t+1} = 41,234 + 0.803 \cdot L_t$$

♂

$$L_{\infty} = \frac{41,238}{0,803} = 210.04 \text{ mm.}$$

Fig. 1. Ecuaciones de FORD-WALFORD para el cálculo de las asíntotas de ambos sexos de *Chondrostoma toxostoma*.

Fig. 2. Representación gráfica de los valores teóricos de longitud (modelo de VON BERTALANFFY (1938)), los valores medios reales, el intervalo de confianza del 95% e incrementos anuales en longitud de *Chondrostoma toxostoma*.

$$L_{t+1} = 47,248 + 0.813 \cdot L_t$$

♀

$$L_{\infty} = \frac{47,248}{0,813} = 253,18 \text{ mm.}$$

Las tasas de crecimiento (tasa de catabolismo) k , el tiempo de talla cero t_0 (que carece de significado biológico) y el coeficiente de anabolismo $E = k \cdot L_{\infty}$ son

	t_0	k	E
machos:	-2,463	0,184	38,64
hembras:	-1,670	0,193	48,86

así pues las ecuaciones de crecimiento de VON BERTALANFFY (1938) son para nuestros ejemplares:

$$: L_t = 210,04 [1 - e^{-0,184(t + 2,463)}]$$

$$: L_t = 253,18 \cdot [1 - e^{-0,193(t + 1,670)}]$$

En la figura 2 se observa la representación gráfica de las longitudes de cada clase de edad, así como los valores de las longitudes medias observadas y los intervalos de confianza del 95%, de los dos sexos por separado. Asimismo se representan los ingresos anuales en longitud standard (ΔL_{st}). (Ver también tablas I y II).

Los valores de ajuste de las dos curvas, " S_{log} " y " S^0/o " de KRUGER (1973) son:

	S_{log}	S^0/o
machos:	0,031923	7,6276
hembras:	0,023400	5,5350

TABLA I. Valores teóricos de longitud standard (Lst), incrementos anuales en longitud (Δ Lst), pesos (W) y tasas instantáneas de crecimiento (G), para los MACHOS de *Chondrostoma toxostoma*.

Edad	Lst	Δ Lst	W	G
0	76,24		8,00	
I	98,85	22,61	17,06	0,756
II	117,66	18,81	28,32	0,756
III	133,29	15,63	40,74	0,363
IV	146,29	13,00	53,42	0,271
V	157,10	10,81	65,75	0,207

TABLA II. Valores teóricos de longitud standard (Lst), incrementos anuales de longitud (Δ Lst), pesos (W) y tasas instantáneas de crecimiento (G), para las HEMBRAS de *Chondrostoma toxostoma*.

Edad	Lst	Δ Lst	W	G
0	69,86		6,59	
I	102,08	32,22	19,93	1,105
II	128,64	25,56	39,11	0,674
III	150,52	21,88	61,85	0,458
IV	168,57	18,05	86,03	0,330
V	183,44	14,87	110,08	0,246
VI	195,69	12,25	132,93	0,188
VII	205,80	10,11	153,94	0,146

vemos que las hembras presentan un mejor ajuste que los machos, debido, seguramente a que se dispuso de una muestra mayor. Sin embargo, las desviaciones standard porcentuales "S%" de ambos sexos se encuentran en el intervalo del 90%.

RELACION LONGITUD-PESO

Las ecuaciones obtenidas, así como los coeficientes de correlación son:

$$\begin{aligned} \text{♂: } \ln.W &= 2,912 \cdot \ln. \text{Lst} - 10,535 \\ (r &= 0,97) \\ W &= 2,658 \cdot 10^{-5} \cdot \text{Lst}^{2,912} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{♀: } \ln.W &= 2,915 \cdot \ln. \text{Lst} - 10,493 \\ (r &= 0,98) \\ W &= 2,771 \cdot 10^{-5} \cdot \text{Lst}^{2,915} \end{aligned}$$

Fig. 3. Relación longitud standard-peso de ambos sexos de *Chondrostoma toxostoma* del río Ebro.

En la figura 3 se representan los valores de dichas relaciones.

CRECIMIENTO PONDERAL

Al igual que en el crecimiento lineal, los valores calculados corresponden a los pesos medios para cada clase de edad. Las asíntotas para el crecimiento ponderal se han calculado a partir de las relaciones longitud standard-peso para cada sexo (fig. 4), y no de un ajuste funcional a nivel poblacional, así tenemos:

$$\text{♂: } W_{\infty} = 2,658 \cdot 10^{-5} \cdot 210,04^{2,912} = 154,09 \text{ gr.}$$

$$\text{♀: } W_{\infty} = 2,771 \cdot 10^{-5} \cdot 253,18^{2,915} = 281,66 \text{ gr.}$$

De acuerdo con ello las ecuaciones de crecimiento ponderal son:

$$\sigma: W_t = 154,09 [1 - e^{-0,184(t + 2,463)}]^{2,912}$$

$$\phi: W_t = 281,66 [1 - e^{-0,193(t + 1,670)}]^{2,915}$$

En las tablas I y II se muestran los valores teóricos de los pesos, para cada una de las clases de edad. En la figura 4, se representan gráficamente dichos valores, así como los pesos medios de cada edad con el intervalo de confianza del 95%.

Las tasas instantáneas de crecimiento, G, obtenidas de la fórmula siguiente:

$$G = \ln. W_{t+1} - \ln. W_t,$$

siendo W_t y W_{t+1} los pesos a las edades t y $t+1$ respectivamente. (fig. 5, tabla III).

RETROCALCULO

Las ecuaciones de relación longitud esca-ma y longitud ejemplar (fig. 2 y 3) son:

$$\sigma: L_n = 17,45 + 2,63 \cdot R_n \quad (r = 0,937)$$

$$\phi: L_n = 26,89 + 2,40 \cdot R_n \quad (r = 0,959)$$

y las ecuaciones de retrocálculo:

$$\sigma: L_t = 17,45 + \frac{R_t}{R_n} \cdot (L_n - 17,45)$$

$$\phi: L_t = 26,89 + \frac{R_t}{R_n} \cdot (L_n - 26,89)$$

En la tabla III se dan las longitudes retro-calculadas para los dos sexos por separado.

CONCLUSIONES

La determinación de la edad por la lectura de escamas resulta un buen método para

Fig. 4. Representación gráfica de los valores teóricos de peso (modelo VON BERTALANFFY (1938)), los valores medios reales y el intervalo de confianza del 95% de *Chondrostoma toxostoma*.

Fig. 5. Tasas instantáneas de crecimiento (G) de *Chondrostoma toxostoma*.

TABLA III. Longitudes retrocalculadas (mm) para cada edad de hembras y machos, obtenidas por medición de escamas de *Chondrostoma toxostoma*. Vallot, 1837.

Edad de captura	Nº de ejemplares	I	II	III	IV	V	VI	VII
H E M B R A S								
I	25	100,27						
II	3	110,87	123,87					
III	6	101,86	119,87	132,20				
IV	7	98,43	117,37	131,08	141,56			
V	12	96,56	117,91	132,19	145,18	158,39		
VI	6	98,73	122,49	137,25	149,65	162,76	175,47	
VII	5	100,37	124,54	142,28	156,02	170,30	183,11	195,35
Medias		101,01	121,01	135,02	148,12	163,82	179,29	195,35
M A C H O S								
I	18	87,48						
II	7	79,29	109,80					
III	7	78,94	104,32	121,91				
IV	1	88,61	105,69	119,92	128,46			
V	3	90,02	108,00	128,33	142,84	153,19		
Medias		84,87	106,95	123,39	135,65	153,19

Fig. 6. Relación entre la longitud standard (Lst, en mm) y el radio posterior de la escama (R_n , en mm x 10) de los machos de *Chondrostoma toxostoma*.

Fig. 7. Relación entre la longitud standard (Lst, en mm) y el radio posterior de la escama (R_n , en mm x 10) de las hembras de *Chondrostoma toxostoma*.

la especie *Chondrostoma toxostoma*. La formación de los anillos (*annuli*) se realizan en los meses de mayo y junio. Las clases de edad más grandes encontradas son la "VII" en hembras y la "V" en los machos. La ausencia de otras clases de edad superiores en ambos sexos, se interpreta como una consecuencia de hallarse la especie en el límite de sus posibilidades de colonización por causa de la salinidad.

Las longitudes máximas encontradas son

167 mm. para los machos y 222 mm. para las hembras con una relación longitud-peso más exponencial en las hembras que en los machos (fig. 1). Esto es común a diversas especies de Ciprinidos.

Las tendencias de las curvas de crecimiento lineal y ponderal son similares en ambos sexos, aunque el crecimiento es más rápido y continuado en el segundo caso. Las hembras experimentan un mayor crecimiento que los machos, especialmente en peso.

BIBLIOGRAFIA

- BAGENAL, T.B. (ed.) 1974. *Ageing of Fish*. Unwin Bros. Ltd., Old Woking, 234 págs.
- BAGENAL, T.B. & F.W. TESCH. 1978. Age and Growth. In: *Methods for Assessment of Fish Production in Fresh Waters*. (BAGENAL, T.B. ed.): págs. 101-130. I.B.P. Handbook 3, Blackwell. Oxford.
- CHUGUNOVA, N.I. 1963. *Age and growth studies in fish*. Jerusalem, 132 págs. (Translation of CHUGUNOVA, N.I. 1959. *Rukovodstvo po izucheniya vozrasta ryb*. Moscow).
- DEMESTRE, M.; ROIG, A.; SOSTOA, A. & SOSTOA, F.J. 1977. Contribució a l'estudi de l'ictiofauna continental del delta de l'Ebre. *Treb. Inst. Cat. Hist. Nat.*, 8: 145-226.
- DICKIE, L.M. 1978. Mathematical models of growth. In: *Methods for Assessment of Fish Production in Fresh Waters*. (BAGENAL, T.B. ed.): 130-136. I.B.P. Handbook 3, Blackwell. Oxford.
- DUNCAN, K.W. 1980. On the back-calculation of fish lengths; modifications and extensions to the Fraser-Lee equation. *J. Fish Biol.*, 16: 725-730.
- FRASER, C.M. 1916. Growth of the spring salmon. *Trans. Pacific Fish Soc., Seattle, Second Ann. Meeting*, 1915: 29-35.
- FORD, E. 1933. An account of the herring investigations conducted at Plymouth during the years from 1924-1933. *J. mar. biol. Assoc. U. K.*, 19: 305-384.
- HOCHMAN, L. & JIRASEK, J. 1969. Fish Stocking in Upper part of the Oslava Drainage Area and Growth of Main Fish Species Prior to Construction of the Dammed Lake at Mostisté. *Acta Univ. agricult. Brno.*, 17 (2): 415-423.
- HOFSTEDE, A.E. 1970. Scale Reading and Back-calculation (Roach and Dace of known age). *Documtje Rapp. Afdeling Sportvisserij en Be-reopsbinnenvisserij*, 11: 15 págs.
- KLIMCZYK-JANIKOWSKA, M. 1973. Cyprinid (*Chondrostoma nasus* L.) from the River Raba. *Acta Hydrobiol. Krakow*, 15 (2): 197-213.
- LEE, R.M. 1920. A review of the methods of age and growth determination in fishes by means of scales. *Fishery Invest., Lond. Ser. 2*, 4: 1-32.
- LOBON-CERVIA, J. & ELVIRA, B. (en prensa). On some aspects of the biology of the Iberian Nase (*Chondrostoma polylepis polylepis*, Steind., 1865) in Pinilla reservoir (River Lozoya). *I Jornadas Ictiología Ibérica*, León. 1981.
- LOSOS, B.; PEÑAZ, M. & KUBICKOVA, J. 1980. Food and growth of fishes of the Jihlava River. *Acta Sc. Nat. Brno.*, 14 (1): 1-46.
- LUDINI, G. & NARDI, P.A. 1979. Osservazioni sull'ecologia di una popolazione de *Chondrostoma soetta* Bp., (Cyprinidae, Osteichthyes, Pisces) del fiume Ticino. *Quad. del Sile e altri fiumi, Riv. ital. Potamol.*, 2-3: 48-60.
- PRAWOCHENSKI, R. 1963. The Age and Growth Rates of the Nose Carp- *Chondrostoma nasus* (L.) from S.W. part of Poland. *Rockniki Nauk Roln.*, 53 (1): 161-182.
- VELEDAR, I. & KOSORIC, D.J., 1974. The methods for age determination of *Chondrostoma phoxinus* Heckel, 1843 from the waters of Livanjsko polje. *Ichthyologia*, 6 (1): 93-99.
- VON BERTALANFFY, L. 1938. A quantitative theory of organic growth. *Human. Biol.*, 10: 181-243.
- WALFORD, L.A. 1946. A new graphic method of describing the growth of animals. *Biol. Bull. mar. biol. lab. Woods Hole*, 90: 141-147.